

# EUROPEAN PATENT OFFICE

## Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 11243358  
PUBLICATION DATE : 07-09-99

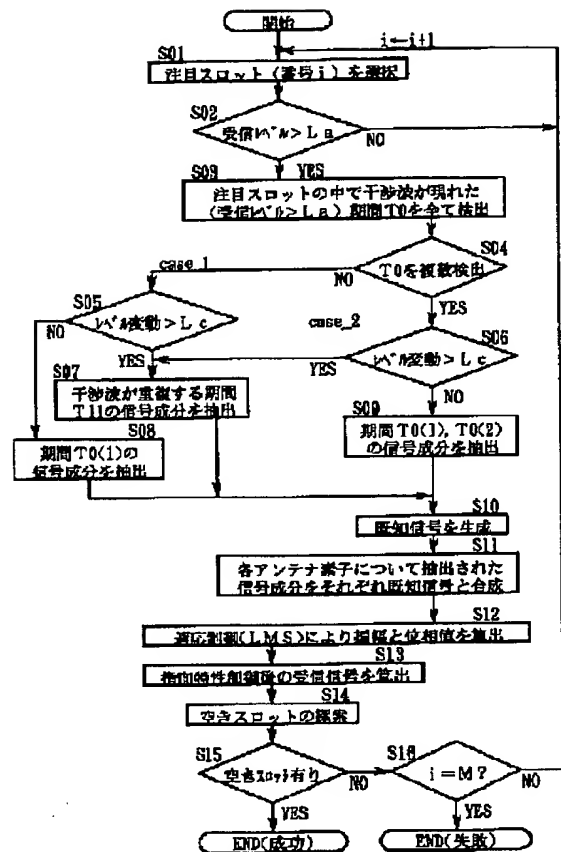
APPLICATION DATE : 26-02-98  
APPLICATION NUMBER : 10044825

APPLICANT : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>;

INVENTOR : HORI TOSHIKAZU;

INT.CL. : H04B 7/26 H01Q 3/26

TITLE : ARRAY ANTENNA DEVICE FOR  
MOBILE COMMUNICATION BASE  
STATION AND ITS CONTROL METHOD



ABSTRACT : PROBLEM TO BE SOLVED: To improve a capability that reduces the effect of an interference wave that does not synchronize with the timing of a signal slot.

SOLUTION: The level of a received signal is compared with an interference wave identification level  $L_a$  about each slot (S02) and a specific signal component in a period  $T_0$  with the level  $L_a$  or higher is extracted from the received signal (S08 and S09). A synthesized signal of a known signal and of a specific signal component extracted in each element of an antenna array is formed (S11), and an amplitude and a phase which minimize errors between the synthesized signal and the known signal are calculated (S12) and are given to an amplitude phase varying device.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-243358

(43)公開日 平成11年(1999) 9月7日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

識別記号

F I

H 0 4 B 7/26

H 0 4 B 7/26

S

H 0 1 Q 3/26

H 0 1 Q 3/26

C

Z

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平10-44825

(22)出願日 平成10年(1998) 2月26日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72)発明者 西森 健太郎

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72)発明者 長 敬三

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72)発明者 鷹取 泰司

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(74)代理人 弁理士 古谷 史旺

最終頁に続く

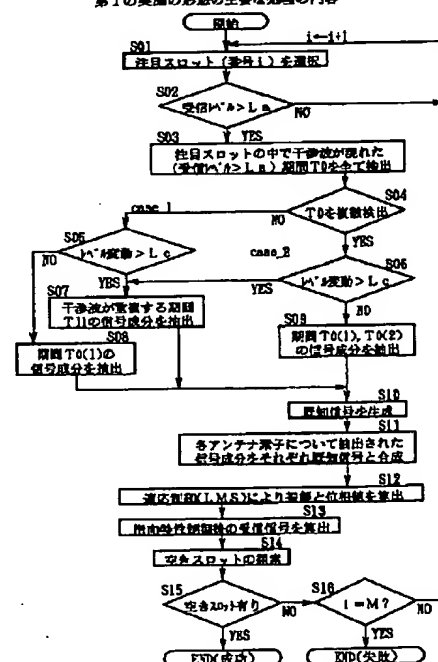
(54)【発明の名称】 移動通信基地局用アレーアンテナ装置及びその制御方法

(57)【要約】

【課題】 本発明は、移動通信基地局用アレーアンテナ装置及びその制御方法において信号スロットのタイミングに対して同期していない干渉波の影響を低減する能力を改善することを目的とする。

【解決手段】 各々のスロットについて、受信された信号のレベルを干渉波識別レベル $L_a$ と比較して、受信された信号から干渉波識別レベル $L_a$ 以上の期間 $T_0$ の特定の信号成分を抽出し、既知信号とアンテナアレーの素子毎に抽出された前記特定の信号成分とを合成した合成信号を生成し、合成信号と既知信号との誤差を最小化する振幅及び位相値を算出して振幅位相可変器に与えることを特徴とする。

第1の実施の形態の主要な処理の内容



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 無線送受信部と、該無線送受信部に接続されたアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する各素子の信号について振幅及び位相を変更する振幅位相可変器とを用い、前記振幅位相可変器を制御して前記アンテナアレーの指向特性を変更する移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法において、

通信に利用される信号の時間軸上で区分されたそれぞれのスロットについて、受信された信号のレベルを所定の干渉波識別レベルと比較して、受信された信号から該信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上の期間の特定の信号成分を抽出し、

既知信号と、前記アンテナアレーの素子毎に抽出された前記特定の信号成分とを合成した合成信号を生成し、前記合成信号と前記既知信号との誤差を最小化する振幅及び位相値を算出して、前記振幅及び位相値を前記振幅位相可変器に与えることを特徴とする移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法。

【請求項2】 請求項1記載の移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法において、単一のスロットの中で前記特定の信号成分が複数検出された場合には、それら複数の信号成分を抽出することを特徴とする移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法。

【請求項3】 無線送受信部と、該無線送受信部に接続されたアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する各素子の信号について振幅及び位相を変更する振幅位相可変器とを用い、前記振幅位相可変器を制御して前記アンテナアレーの指向特性を変更する移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法において、

通信に利用される信号の時間軸上で区分されたそれぞれのスロットについて、受信された信号のレベルを所定の干渉波識別レベルと比較するとともに、前記信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上の場合には、前記信号のレベルの変動幅を所定の複数干渉レベルと比較し、受信された信号から該信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上で且つ変動幅が前記複数干渉レベル以上の期間の特定の信号成分を抽出し、

既知信号と、前記アンテナアレーの素子毎に抽出された前記特定の信号成分とを合成した合成信号を生成し、前記合成信号と前記既知信号との誤差を最小化する振幅及び位相値を算出して、前記振幅及び位相値を前記振幅位相可変器に与えることを特徴とする移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法。

【請求項4】 無線送受信部と、該無線送受信部に接続されたアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する各素子の信号について振幅及び位相を変更する振幅位相可変器とを用い、前記振幅位相可変器を制御して前記アンテナアレーの指向特性を変更する移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法において、

通信に利用される信号の時間軸上で区分されたそれぞれ

のスロットについて、受信された信号のレベルを所定の干渉波識別レベルと比較し、

前記信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上の特定のスロットについては、前記特定のスロットに隣接する前スロットで第1の干渉波が発生した第1の時間と、前記特定のスロットに隣接する後スロットで第2の干渉波が消滅した第2の時間とを検出し、

前記特定のスロットの中で前記第1の干渉波が消滅する第3の時間を前記第1の時間から求め、

前記特定のスロットの中で前記第2の干渉波が発生する第4の時間を前記第2の時間から求め、

前記第3の時間と第4の時間との時間軸上の前後関係に基づいて、前記特定のスロットで受信された信号から特定の期間の信号成分を抽出し、

既知信号と、前記アンテナアレーの素子毎に抽出された前記特定の期間の信号成分とを合成した合成信号を生成し、

前記合成信号と前記既知信号との誤差を最小化する振幅及び位相値を算出して、前記振幅及び位相値を前記振幅位相可変器に与えることを特徴とする移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法。

【請求項5】 請求項4記載の移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法において、前記第4の時間が第3の時間より先行する場合には、前記第4の時間から第3の時間までの期間の信号成分を、前記特定の期間の信号成分として抽出することを特徴とする移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法。

【請求項6】 請求項4記載の移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法において、前記第3の時間が第4の時間より先行する場合には、前記特定のスロットの始まりから前記第3の時間までの期間の信号成分と、前記第4の時間から前記特定のスロットの終わりまでの期間の信号成分とを、前記特定の期間の信号成分として抽出することを特徴とする移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法。

【請求項7】 無線送受信部と、該無線送受信部に接続されたアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する各素子の信号について振幅及び位相を変更する振幅位相可変器を備え、前記振幅位相可変器を制御して前記アンテナアレーの指向特性を変更する移動通信基地局用アレーアンテナ装置において、

通信に利用される信号の時間軸上で区分されたそれぞれのスロットについて、受信された信号のレベルを所定の干渉波識別レベルと比較して、受信された信号から該信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上の期間の特定の信号成分を抽出し、既知信号と、前記アンテナアレーの素子毎に抽出された前記特定の信号成分とを合成した合成信号を生成し、前記合成信号と前記既知信号との誤差を最小化する振幅及び位相値を算出して、前記振幅及び位相値を前記振幅位相可変器に与える操作量算出手段を

設けたことを特徴とする移動通信基地局用アレーアンテナ装置。

【請求項8】 無線送受信部と、該無線送受信部に接続されたアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する各素子の信号について振幅及び位相を変更する振幅位相可変器を備え、前記振幅位相可変器を制御して前記アンテナアレーの指向特性を変更する移動通信基地局用アレーアンテナ装置において、

通信に利用される信号の時間軸上で区分されたそれぞれのスロットについて、受信された信号のレベルを所定の干渉波識別レベルと比較するとともに、前記信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上の場合には、前記信号のレベルの変動幅を所定の複数干渉レベルと比較し、受信された信号から該信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上で且つ変動幅が前記複数干渉レベル以上の期間の特定の信号成分を抽出し、既知信号と、前記アンテナアレーの素子毎に抽出された前記特定の信号成分とを合成した合成信号を生成し、前記合成信号と前記既知信号との誤差を最小化する振幅及び位相値を算出して、前記振幅及び位相値を前記振幅位相可変器に与える操作量算出手段を設けたことを特徴とする移動通信基地局用アレーアンテナ装置。

【請求項9】 無線送受信部と、該無線送受信部に接続されたアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する各素子の信号について振幅及び位相を変更する振幅位相可変器を備え、前記振幅位相可変器を制御して前記アンテナアレーの指向特性を変更する移動通信基地局用アレーアンテナ装置において、

通信に利用される信号の時間軸上で区分されたそれぞれのスロットについて、受信された信号のレベルを所定の干渉波識別レベルと比較し、前記信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上の特定のスロットについては、前記特定のスロットに隣接する前スロットで第1の干渉波が発生した第1の時間と、前記特定のスロットに隣接する後スロットで第2の干渉波が消滅した第2の時間とを抽出し、前記特定のスロットの中で前記第1の干渉波が消滅する第3の時間を前記第1の時間から求め、前記特定のスロットの中で前記第2の干渉波が発生する第4の時間を前記第2の時間から求め、前記第3の時間と第4の時間との時間軸上の前後関係に基づいて、前記特定のスロットで受信された信号から特定の期間の信号成分を抽出し、既知信号と、前記アンテナアレーの素子毎に抽出された前記特定の期間の信号成分とを合成した合成信号を生成し、前記合成信号と前記既知信号との誤差を最小化する振幅及び位相値を算出して、前記振幅及び位相値を前記振幅位相可変器に与える操作量算出手段を設けたことを特徴とする移動通信基地局用アレーアンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロセル移動通信基地局用アレーアンテナ装置の指向性制御に関する。

【0002】

【従来の技術】マイクロセル移動通信では、一般に、無線基地局が周辺の建物よりも低い場所（公衆電話ボックスや電柱など）に配置される。従って、電波は道路沿いに直進し、あるいは反射しながら伝搬する。このような場合、各基地局の無線ゾーンが図13に示すように道路沿いに形成され、見通し外はエリア外となる。従って、通信可能なエリアを広く確保するためには、多数の基地局を配置する必要がある、設置コストがかかるという問題がある。

【0003】基地局のアンテナを周辺の建物よりも高い場所に設置すれば、通信可能なエリアは広がる。図14は、基地局をビルの屋上と電柱にそれぞれ設置した場合を示している。図14に示すように基地局を高所に設置すれば、アンテナから見通せる領域が広くなるとともに、電波の伝搬損失も小さくなるため、低基地局によって生じる不感地を少ない基地局で解消できる。

【0004】しかし、基地局アンテナを屋上などの高い場所に配置した場合、隣接する基地局からの干渉波の伝搬損失も小さくなる。従って、図15に示すように端末から受信する電波の他に、隣接基地局からの不要な電波も高所基地局に到来するので、基地局間の電波の干渉が問題になる。例えば個々の基地局が使用可能なチャネルを探索して動作するTDMA（時分割多重通信）自立分散制御方式を用いた通信システムでは、到来する干渉波が増えると干渉波が多数のチャネルを占有してしまうため、空きチャネルが少なくなり、最悪の場合、空きチャネルがなくなって基地局を動作させることができないという問題が生じる。

【0005】基地局のアンテナとして指向性アンテナを用いれば、隣接する基地局からの干渉波の影響を低減することができる。例えば、図16に示すように指向性アンテナのヌル方向（利得が小さい方向）を干渉波の方向に向けることにより、基地局のアンテナで受信される干渉波の数を低減することができる。

【0006】干渉波の到来方向は一般に未知である。未知の干渉波に対してアンテナの指向性のヌルを向ける方法については、例えば文献(R.A.Mongingo, et al., "Introduction to Adaptive Array", New York & Sons, 1980)に示されている。すなわち、複数のエレメント（素子）で構成されるアレーアンテナを用いて、アンテナの各エレメントの信号に振幅及び位相の重みづけができるように構成し、重みづけ後の各信号の合成信号と所望の信号との誤差が最小になるように、適応制御により重み（振幅及び位相値）を決定すれば、所望信号と相関のない干渉波に対して、アンテナの指向性のヌルをむけることができる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】時分割多重通信(TDMA)においては、通信に利用する信号は一定の時間間隔で周期的に現れる多数のスロット毎に区分される。また、TDMA自律分散制御システムの場合には、各基地局はある決められたタイミングで各スロットの信号を送出する。

【0008】隣接する複数の基地局の送出タイミングが互いに同期している場合には、図17(a)に示すように、各基地局が送出する信号はスロット毎に同時に現れる。一方、送出タイミングが同期していない場合には、図17(b)に示すように、1つのスロットで送信された干渉波が2つのスロットをまたぐタイミングで現れる。

【0009】前述のアンテナの指向性に関する適応制御を実施する場合、干渉波が検出されるとその方向にアンテナのヌルが向けられるが、干渉波が検出されなければこの制御は実施されない。例えば、図17(b)に示すスロット番号2, 5, 8においては、スロットの途中で干渉波がなくなる。途中で干渉波がなくなるスロットに対して、アンテナの指向性に関する適応制御を実施する場合には、1つのスロットの全体を探索して最後に求められる重みは、スロットの前半だけに現れた干渉波の影響を反映しない結果になる可能性がある。

【0010】従って、図17(b)に示すスロット番号2, 5, 8においては、スロットの前半だけに現れた干渉波の影響を除去するための適応制御がうまく作動しない。そのため、干渉波の影響により通信が妨害される。また、図17(c)に示すように、2つ以上の干渉波が1スロット内で重なって現れる場合にも、干渉波の影響を除去するための適応制御がうまく作動しない。すなわち、最初に到来した干渉波もしくは2つの干渉波を検出すると、それらの影響を除去するように重みが計算されるが、干渉波がスロット全体を通じて現れていないので、干渉波が現れていない期間の影響により、最終的に決定される重みは干渉波の影響を反映しない場合がある。

【0011】一般に、環境に変動が生じる場合の制御においては、入力する信号の相関行列に対して忘却係数を適用することにより環境変動の影響を軽減できる。しかし、アンテナの指向性に関する適応制御を実施する場合に忘却係数を用いるためには、干渉波の到来タイミングに応じて忘却係数を決定しなければならないので、忘却係数の決定が困難である。

【0012】本発明は、移動通信基地局用アレーアンテナ装置及びその制御方法において、特定の基地局で利用される信号スロットのタイミングに対して同期していない干渉波が到来する環境において、干渉波の影響を低減する能力を改善することを主な目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1は、無線送受信部と、該無線送受信部に接続されたアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する各素子の信号について振幅及び位相を変更する振幅位相可変器とを用い、前記振幅位相可変器を制御して前記アンテナアレーの指向特性を変更する移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法において、通信に利用される信号の時間軸上で区分されたそれぞれのスロットについて、受信された信号のレベルを所定の干渉波識別レベルと比較して、受信された信号から該信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上の期間の特定の信号成分を抽出し、既知信号と、前記アンテナアレーの素子毎に抽出された前記特定の信号成分とを合成した合成信号を生成し、前記合成信号と前記既知信号との誤差を最小化する振幅及び位相値を算出して、前記振幅及び位相値を前記振幅位相可変器に与えることを特徴とする。

【0014】本発明は、制御対象基地局における各スロットのタイミングと干渉波の出現タイミングとが同期していない場合を想定している。例えば、単一の干渉波が1つのスロットの中に現れた場合、制御対象基地局のタイミングと干渉波の出現タイミングとがずれているので、1つのスロットの中に干渉波の存在する期間と存在しない期間とが含まれる。

【0015】この発明においては、受信された信号のレベルと干渉波識別レベルとの比較により、干渉波の有無が検出される。そして、干渉波の存在する期間の信号成分だけが前記特定の信号成分として抽出され、この信号成分がアンテナの指向特性の適応制御のために利用される。従って、非同期の干渉波によって、1つのスロットの中に干渉波が含まれない期間が存在する場合であっても、他の期間に検出された干渉波にตอบสนองして、アンテナの指向特性が制御されるので、適応制御の動作不良が防止される。

【0016】請求項2は、請求項1記載の移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法において、単一のスロットの中で前記特定の信号成分が複数検出された場合には、それら複数の信号成分を抽出することを特徴とする。複数の干渉波が存在する場合には、1つのスロットの中の互いに異なる2つ以上の期間にそれぞれ干渉波が現れる可能性がある。本発明では、単一のスロットの中で前記特定の信号成分が複数検出された場合には、それら複数の信号成分を抽出するので、複数の干渉波のそれぞれに対して、アンテナの指向特性の適応制御が行われる。

【0017】請求項3は、無線送受信部と、該無線送受信部に接続されたアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する各素子の信号について振幅及び位相を変更する振幅位相可変器とを用い、前記振幅位相可変器を制御して前記アンテナアレーの指向特性を変更する移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法において、通信に利

用される信号の時間軸上で区分されたそれぞれのスロットについて、受信された信号のレベルを所定の干渉波識別レベルと比較するとともに、前記信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上の場合には、前記信号のレベルの変動幅を所定の複数干渉レベルと比較し、受信された信号から該信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上で且つ変動幅が前記複数干渉レベル以上の期間の特定の信号成分を抽出し、既知信号と、前記アンテナアレーの素子毎に抽出された前記特定の信号成分とを合成した合成信号を生成し、前記合成信号と前記既知信号との誤差を最小化する振幅及び位相値を算出して、前記振幅及び位相値を前記振幅位相可変器に与えることを特徴とする。

【0018】複数の干渉波が存在する場合には、1つのスロットの中の同じ期間に、重なって複数の干渉波が現れる場合がある。複数の干渉波の出現タイミングが重なると、制御対象基地局で検出される干渉波の受信レベルの変動幅が大きくなる。本発明では、受信された信号のレベルを干渉波識別レベルと比較することにより、干渉波の有無を識別する。さらに、干渉波を検出しているときには、受信された信号のレベルの変動幅を複数干渉レベルと比較することにより、干渉波が単一か複数かが識別される。そして、受信された信号のレベルが干渉波識別レベル以上で且つ変動幅が複数干渉レベル以上の期間の信号が、特定の信号成分として抽出される。

【0019】従って、複数の干渉波が重なって現れている期間の信号成分のみに基づいて、アンテナの指向特性の適応制御が実施される。これにより、複数の干渉波の全てに適應するように、アンテナの指向特性が制御される。請求項4は、無線送受信部と、該無線送受信部に接続されたアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する各素子の信号について振幅及び位相を変更する振幅位相可変器とを用い、前記振幅位相可変器を制御して前記アンテナアレーの指向特性を変更する移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法において、通信に利用される信号の時間軸上で区分されたそれぞれのスロットについて、受信された信号のレベルを所定の干渉波識別レベルと比較し、前記信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上の特定のスロットについては、前記特定のスロットに隣接する前スロットで第1の干渉波が発生した第1の時間と、前記特定のスロットに隣接する後スロットで第2の干渉波が消滅した第2の時間とを検出し、前記特定のスロットの中で前記第1の干渉波が消滅する第3の時間を前記第1の時間から求め、前記特定のスロットの中で前記第2の干渉波が発生する第4の時間を前記第2の時間から求め、前記第3の時間と第4の時間との時間軸上の前後関係に基づいて、前記特定のスロットで受信された信号から特定の期間の信号成分を抽出し、既知信号と、前記アンテナアレーの素子毎に抽出された前記特定の期間の信号成分とを合成した合成信号を生成し、前記合成信号と前記既知信号との誤差を最小化する振幅及び

位相値を算出して、前記振幅及び位相値を前記振幅位相可変器に与えることを特徴とする。

【0020】干渉波の出現タイミングが制御対象基地局と同期していない場合であっても、干渉波のスロットの長さは制御対象基地局のスロット長さと同一である。従って、特定のスロットの前後に隣接する他のスロットにおいて検出された干渉波のタイミングに基づいて、前記特定のスロットにおける干渉波の出現タイミングを推定できる。

【0021】例えば、制御対象基地局と干渉波とのスロット長（期間）TSが同一の場合、図11(a)に示すように、注目スロットに先行する前スロット内の時刻 $t_{a1}$ で現れた干渉波R11は、時刻 $t_{a1}$ から1スロット長と同じ時間TSを経過したときに消滅する。また、前スロットの始まる時刻から時刻 $t_{a1}$ までの相対時間をTA1とすれば、注目スロットの始まる時刻から相対時間TA1を経過したときに干渉波R11は消滅する。

【0022】一方、注目スロットに続く後スロット内の時刻 $t_{b2}$ で消滅した干渉波R12は、時刻 $t_{b2}$ よりもスロット長TSだけ前の時刻に出現している。また、後スロットの始まる時刻から時刻 $t_{b2}$ までの相対時間をTB2とすれば、注目スロットの始まる時刻から相対時間TB2だけ前の時刻に干渉波R12が出現する。従って、本発明では前スロットで第1の干渉波が発生した第1の時間と、後スロットで第2の干渉波が消滅した第2の時間とを検出し、前記特定のスロットの中で前記第1の干渉波が消滅する第3の時間を前記第1の時間から求め、前記特定のスロットの中で前記第2の干渉波が発生する第4の時間を前記第2の時間から求める。

【0023】そして、前記第3の時間と第4の時間との時間軸上の前後関係に基づいて、前記特定のスロットで受信された信号から特定の期間の信号成分を抽出する。ここで抽出した信号成分に従って、アンテナの指向特性が制御される。第3の時間と第4の時間との時間軸上の前後関係は、第1の干渉波と第2の干渉波との重なりの有無に相当するので、それに応じて信号成分の抽出範囲を切り替えることにより、望ましい指向特性制御が可能になる。

【0024】請求項5は、請求項4記載の移動通信基地局用アレーアンテナの制御方法において、前記第4の時間が第3の時間より先行する場合には、前記第4の時間から第3の時間までの期間の信号成分を、前記特定の期間の信号成分として抽出することの特徴とする。前記第4の時間が第3の時間より先行する場合には、第4の時間から第3の時間までの期間に、第1の干渉波と第2の干渉波とが重なる。この期間の信号成分を抽出し、その信号成分に従ってアンテナの指向特性を制御することにより、第1の干渉波と第2の干渉波の両方の影響が低減される。

【0025】請求項6は、請求項4記載の移動通信基地

局用アレーアンテナの制御方法において、前記第3の時間が第4の時間より先行する場合には、前記特定のスロットの始まりから前記第3の時間までの期間の信号成分と、前記第4の時間から前記特定のスロットの終わりまでの期間の信号成分とを、前記特定の期間の信号成分として抽出することを特徴とする。

【0026】前記第3の時間が第4の時間より先行する場合には、第1の干渉波と第2の干渉波とが重ならず、1つのスロット内の互いに異なるタイミングで現れる。従って、前記特定のスロットの始まりから前記第3の時間までの期間の信号成分と、前記第4の時間から前記特定のスロットの終わりまでの期間の信号成分とを、前記特定の期間の信号成分として抽出することにより、第1の干渉波と第2の干渉波の両方の影響が低減される。

【0027】請求項7は、無線送受信部と、該無線送受信部に接続されたアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する各素子の信号について振幅及び位相を変更する振幅位相可変器を備え、前記振幅位相可変器を制御して前記アンテナアレーの指向特性を変更する移動通信基地局用アレーアンテナ装置において、通信に利用される信号の時間軸上で区分されたそれぞれのスロットについて、受信された信号のレベルを所定の干渉波識別レベルと比較して、受信された信号から該信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上の期間の特定の信号成分を抽出し、既知信号と、前記アンテナアレーの素子毎に抽出された前記特定の信号成分とを合成した合成信号を生成し、前記合成信号と前記既知信号との誤差を最小化する振幅及び位相値を算出して、前記振幅及び位相値を前記振幅位相可変器に与える操作量算出手段を設けたことを特徴とする。

【0028】請求項8は、無線送受信部と、該無線送受信部に接続されたアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する各素子の信号について振幅及び位相を変更する振幅位相可変器を備え、前記振幅位相可変器を制御して前記アンテナアレーの指向特性を変更する移動通信基地局用アレーアンテナ装置において、通信に利用される信号の時間軸上で区分されたそれぞれのスロットについて、受信された信号のレベルを所定の干渉波識別レベルと比較するとともに、前記信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上の場合には、前記信号のレベルの変動幅を所定の複数干渉レベルと比較し、受信された信号から該信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上で且つ変動幅が前記複数干渉レベル以上の期間の特定の信号成分を抽出し、既知信号と、前記アンテナアレーの素子毎に抽出された前記特定の信号成分とを合成した合成信号を生成し、前記合成信号と前記既知信号との誤差を最小化する振幅及び位相値を算出して、前記振幅及び位相値を前記振幅位相可変器に与える操作量算出手段を設けたことを特徴とする。

【0029】請求項9は、無線送受信部と、該無線送受信部に接続されたアンテナアレーと、該アンテナアレーを構成する各素子の信号について振幅及び位相を変更する振幅位相可変器を備え、前記振幅位相可変器を制御して前記アンテナアレーの指向特性を変更する移動通信基地局用アレーアンテナ装置において、通信に利用される信号の時間軸上で区分されたそれぞれのスロットについて、受信された信号のレベルを所定の干渉波識別レベルと比較し、前記信号のレベルが前記干渉波識別レベル以上の特定のスロットについては、前記特定のスロットに隣接する前スロットで第1の干渉波が発生した第1の時間と、前記特定のスロットに隣接する後スロットで第2の干渉波が消滅した第2の時間とを検出し、前記特定のスロットの中で前記第1の干渉波が消滅する第3の時間を前記第1の時間から求め、前記特定のスロットの中で前記第2の干渉波が発生する第4の時間を前記第2の時間から求め、前記第3の時間と第4の時間との時間軸上の前後関係に基づいて、前記特定のスロットで受信された信号から特定の期間の信号成分を抽出し、既知信号と、前記アンテナアレーの素子毎に抽出された前記特定の期間の信号成分とを合成した合成信号を生成し、前記合成信号と前記既知信号との誤差を最小化する振幅及び位相値を算出して、前記振幅及び位相値を前記振幅位相可変器に与える操作量算出手段を設けたことを特徴とする。

#### 【0030】

【発明の実施の形態】（第1の実施の形態）この形態の移動通信基地局用アレーアンテナ装置の構成と動作を図1～図8並びに図13～図19に示す。この形態は、請求項1、請求項2、請求項3、請求項7及び請求項8に対応する。

【0031】図1はこの形態の移動通信基地局用アレーアンテナ装置の構成の概略を示すブロック図である。図2は図1の装置における空きスロット探索処理の内容を示すフローチャートである。図3は受信される信号の例を示すタイムチャートである。図4は受信される信号に含まれる干渉波が1つの場合と2つの場合の信号を示す波形図である。図5及び図6は干渉波のレベルに応じたDUIRの分布を示すグラフである。図7は通信スロットを確保できる最大のアンテナ高を示すグラフである。

【0032】図8は図1の装置におけるアンテナの指向性制御系の構成を示すブロック図である。図13は図1の装置が利用される環境における各基地局の配置例を示す平面図である。図14は図1の装置が利用される環境における各基地局の通話エリアの例を示す斜視図である。図15は図1の装置が受信する干渉波の経路の例を示す斜視図である。図16はアンテナの指向特性と干渉波の到来方向の例を示す平面図である。図17は図1の装置の各スロットと干渉波との相対的なタイミングの例を示すタイムチャートである。



【0033】図18は受信される信号の例を示すタイムチャートである。図19は図18に示す信号に対する処理の内容を示す模式図である。この形態では、請求項1の振幅位相可変器は振幅位相可変部57～59及び振幅位相可変部17として具体化されている。また、請求項1の干渉波識別レベル及び請求項3の複数干渉レベルは、それぞれ閾値 $L_a$ 及び $L_c$ として具体化されている。請求項7及び請求項8の操作量算出手段は、振幅位相制御部19として具体化されている。

【0034】図1を参照すると、この移動通信基地局用アレーアンテナ装置は、送受信装置11、アンテナ12及び振幅位相制御部19で構成されている。また、送受信装置11は受信装置13、送信装置14、A/D変換器15、D/A変換器16、振幅位相可変部17及び振幅位相可変部18を備え、振幅位相制御部19は受信レベル検出器110、レベル判定部111、レベル変動判定部112及び既知信号発生部113を備えている。

【0035】送受信装置11に接続されたアンテナ12は、複数の素子で構成されるアレーアンテナである。この例では3つの素子でアンテナ12が構成されている。振幅位相可変部17は、アンテナ12で受信された3系統のそれぞれの受信信号に対して、振幅及び位相を調整する機能を有する。振幅位相可変部18は、アンテナ12のそれぞれの素子から送信される3系統の送信信号に対して、振幅及び位相を調整する機能を有する。

【0036】アンテナ12で受信された3系統の信号は、振幅位相可変部17において位相及び振幅が調整された後、ロジック部114の内部で合成される。振幅位相可変部17における操作量である位相及び振幅の調整量を変えることにより、受信する信号に対するアンテナ12の指向特性が調整される。同様に、振幅位相可変部18における位相及び振幅の調整量を変えることにより、送信する信号に対するアンテナ12の指向特性が調整される。

【0037】一般にアレーアンテナは指向性を有している。この指向特性においては、特定の方向に対してアンテナ利得が非常に小さくなるヌル点が形成される。振幅位相可変部17、18の操作量を調整すると、アンテナ12の指向特性のヌル点の方向を変えることができる。従って、図16に示すように指向特性のヌル点の方向が

$$\phi 1 = k \cdot r 1 \quad \dots (1)$$

$$\phi 2 = k \cdot r 2 \quad \dots (2)$$

$$\phi 3 = k \cdot r 3 \quad \dots (3)$$

$$k = 2\pi / \lambda \cdot (i \cdot \cos \theta_0 + j \cdot \sin \theta_0) \quad \dots (4)$$

$i$  : 水平面内のX軸方向の単位ベクトル

$j$  : 水平面内のY軸方向の単位ベクトル

$\lambda$  : 波長

A/D変換器15から出力される3系統の受信信号は、フィルタ30を介して信号合成部54、55及び56にそれぞれ印加される。信号合成部54、55及び56

干渉波の到来方向と一致するように指向特性を制御すれば、干渉波の影響を低減できる。

【0038】なお、図1においてはディジタル信号処理によって信号の振幅及び位相を調整する構成を示してあるが、アナログ信号処理回路を用いて信号の振幅及び位相を調整するように構成を変更しても良い。

【0039】図1に示すように、送受信装置11と振幅位相制御部19は互いに接続されている。干渉波の検出のために、送受信装置11で受信された3系統の信号が振幅位相制御部19に入力される。振幅位相制御部19は、アンテナの指向特性を決定する振幅及び位相値を算出する。この振幅及び位相値は送受信装置11の振幅位相可変部17、18に出力される。

【0040】図1の装置におけるアンテナの指向特性制御系の基本構成を図8に示す。図8に示す制御系について説明する。図1の装置においては、信号を送信する前に、アンテナ12の指向特性を調整しながら空きスロットの有無を調べる。従って、そのときに図1の装置（基地局）に到来する信号は全て干渉信号であり、所望波は存在しない。

【0041】一般に、この種の指向性制御においては干渉波の成分をできる限り低減し、所望波の成分を抽出できるようにアンテナの指向特性を制御する。そこで、望ましい指向特性の検出を可能にするために、所望波の代わりの既知信号を用意してある。図1及び図8に示す既知信号発生部113が、所望波の代わりの既知信号を少なくとも1つ発生する。実際には、PN符号などの疑似乱数を変調した信号を既知信号として用いている。

【0042】位相可変部51、52、53は、既知信号発生部113が出力する既知信号から、所定方向 $\theta_0$ から到来する既知信号を生成するために、位相をそれぞれ調整した信号を生成する。位相可変部51、52及び53の位相調整量は、既知信号の方向 $\theta_0$ と、アンテナアレーの素子配列及び素子間隔により決定される。

【0043】アンテナ12の3つの素子のそれぞれの位置ベクトルが $r_1$ 、 $r_2$ 及び $r_3$ で表される場合には、位相可変部51の位相調整量 $\phi_1$ 、位相可変部52の位相調整量 $\phi_2$ 及び位相可変部53の位相調整量 $\phi_3$ は、それぞれ次式で表される。

は、それぞれ位相可変部51、52及び53が出力する信号と前記受信信号とを合成した信号を出力する。

【0044】信号合成部54、55及び56が出力する信号は、それぞれ振幅位相可変部57、58及び59で振幅及び位相を調整された後、信号合成部60に印加される。信号合成部54、55及び56の各々の振幅及び



位相の調整量は、LMS制御部50により制御される。信号合成部60は、振幅位相可変部57が出力する信号、振幅位相可変部58が出力する信号及び振幅位相可変部59が出力する信号を合成して出力する。

【0045】LMS制御部50は、信号合成部60が出力する合成信号と、既知信号発生部113が出力する既知信号との差を最小にするのに必要な振幅及び位相値 $P_x$ を、LMS (Least Mean Square) 法などの適応アルゴリズムを用いて振幅位相可変部57, 58, 59の重み(振幅と位相値)を調整しながら探索する。LMS制御部50によって求められた振幅及び位相値(振幅と位相値) $P_x$ を振幅位相可変部17, 18に与えることにより、干渉波の影響が最小になるようにアンテナ12の指向特性を調整して送受信できる。

【0046】図8に示すフィルタ30においては、制御対象の基地局における信号スロットのタイミングと干渉波のタイミングとが一致しない場合の指向特性制御の誤動作を防止するために、特定の信号成分だけを抽出する。また、フィルタ30は、図1に示す受信レベル検出器110、レベル判定部111及びレベル変動判定部112を含んでいる。

【0047】フィルタ30に関する具体的な処理の内容は、図2に示す処理の中に示されている。図2に示す処理は、M個のスロットの中から利用可能な空きスロットを探すための制御であり、干渉波の影響を低減するためにアンテナの指向特性の調整を実行しながら探索を実行する。以下、図2の処理について説明する。ステップS01では、1つのスロットを注目スロットとして選択する。この注目スロットが、以下のステップで処理対象となる。例えば、図3(a)に示す時刻 $t_{00}$ ～ $t_{03}$ の期間T0の1つのスロットを注目スロットとして選択した場合には、時刻 $t_{00}$ ～ $t_{03}$ の受信信号に対して処理が実施される。

【0048】ステップS02では、注目スロット内に干渉波が存在するかどうかを調べるため、受信した信号のレベルを予め定めた閾値 $L_a$ と比較する。一時的であったとしても、注目スロット内で受信した信号のレベルが閾値 $L_a$ よりも大きい場合には、干渉波があるとみなす。そしてステップS03に進む。ステップS03では、閾値 $L_a$ よりも大きい信号レベルが検出された注目スロットの中で、受信した信号レベルが閾値 $L_a$ よりも大きい期間T0を検出する。例えば、図3(d)のように複数の干渉波が互いに異なる時間に現れる場合には、期間T0が複数検出される。

【0049】ここでは、期間T0のうち最初に検出されたものを期間T0(1)とし、次に検出されたものを期間T0(2)として区別する。例えば、図3(a), (b), (c)の例では1つの期間T0(1)のみが検出されるが、図3(d)の例では、2つの期間T0(1), T0(2)が検出される。図3においては1個のスロットに干渉波が2波到来する

例を示してあるが、干渉波数が3波以上の場合でも同様に考えることができる。

【0050】干渉波が1波到来した場合には、受信装置で得られる時刻 $m$ における信号 $X(m)$ は次式で表される。

$$X(m) = I(m) + N(m) \quad \cdots (5)$$

$I(m)$ : 干渉波の強度

$N(m)$ : 装置内で生じる熱雑音

干渉波のレベルを判定する閾値 $L_a$ を熱雑音 $N(m)$ より十分大きくとり、かつ、基地局同士が見通し内で、干渉波による遅延波の影響が無視できる場合には、信号 $X(m)$ は干渉波の強度とほぼ等しい。

【0051】一方、干渉波が2波以上到来する場合に、 $i$ 番目の干渉波を $I_i(m)$ とすれば、信号 $X(m)$ は次式で表される。

$$X(m) = \sum I_i(m) + N(m) \quad \cdots (6)$$

複数の干渉波が同時に現れる場合、受信される信号は干渉波の合成波として表わされるので、受信した信号のレベルは大きく変動する。

【0052】例えば図4のように、干渉波が1波のみ到来する場合に、信号レベルが干渉波のレベルを中心として $\pm 3$  dB程度の変化を示すのに対して、干渉波が2波以上到来する場合に、受信レベルの変動幅は10 dBを越える。従って、受信レベルの変動幅を所定の閾値 $L_c$ (例えば、6 dB)と比較することにより、同じタイミングで干渉波が複数現れているか否かを識別できる。

【0053】例えば干渉波が2つだけの場合には、受信した信号のレベル変動が大きい期間の信号成分は、2つの干渉波の両方の成分を含んでいる。従って、受信した信号のレベル変動が大きい期間に現れる信号成分に対して、それを低減するようにアンテナの指向特性を調整すれば、次式の関係を満たす限り、全ての干渉波の影響を一度に低減できる。

【0054】

アンテナアレーの自由度 $\geq$ 干渉波の数  $\cdots (7)$

アンテナアレーの自由度: (アンテナ素子数-1)

図2のステップS04では、受信した信号レベルが閾値 $L_a$ よりも大きい期間T0が1つか複数かを識別する。

図3(a), (b), (c)及び図18に示す例では、期間T0が1つだけ検出されるのでステップS04からS05に進む。図3(d)に示す例では2つの期間T0(1), T0(2)が検出されるので、ステップS04からS06に進む。

【0055】ステップS05及びS06では、受信した信号レベルの変動幅としきい値 $L_c$ とを比較する。ステップS05において信号レベルの変動幅がしきい値 $L_c$ 以内ならステップS08に進む。ステップS06において信号レベルの変動幅がしきい値 $L_c$ 以内ならステップS09に進む。ステップS05又はS06において信号レベルの変動幅がしきい値 $L_c$ を越えた場合には、ステ

ップS07に進む。

【0056】ステップS07では、複数の干渉波が同時に現れているとみなす。そして、図3(a),(b),(c)に示すように干渉波が重複している期間T11の信号成分を抽出する。また、例えば図18に示すように、注目スロット内の2カ所の期間D1、D2でそれぞれ干渉波が重複している場合には、期間D1、D2の両方の信号成分を合成して抽出する。

【0057】複数の期間の信号成分を合成する場合には、複数の期間の長さが同一とは限らない。図18の期間D1、D2のように互いに長さの異なる複数の期間の

$$D1/D2 = \alpha \bmod \beta \quad (\alpha, \beta: 0 \text{ 以上の整数}) \quad \dots (8)$$

$$D1 = \alpha \cdot D2 + \beta \quad \dots (9)$$

つまり、図19に示すように、期間D2の信号成分を $\alpha$ 倍した信号成分と、期間D2の信号成分のうち期間 $\beta$ に相当する成分との和を、期間D1の信号成分に加算すればこれらを合成できる。

【0059】図2のステップS08では、注目スロット内に現れた干渉波が単一であるとみなす。そして、受信した信号レベルが閾値Laよりも大きい期間T0(1)の信号成分だけを抽出する。ステップS09では、図3(d)に示すように互いに独立した時間に2つの干渉波が存在しているとみなす。そして、受信した信号から、レベルが閾値Laよりも大きい期間T0(1)の信号成分と期間T0(2)の信号成分とを抽出する。

【0060】期間T0(1)の信号成分と期間T0(2)の信号成分とを合成する場合にも、期間T0(1)、T0(2)の長さが同一とは限らない。従って、図19の例と同様に、T0(1)、T0(2)の長さが揃うように各信号成分を補正してから合成する必要がある。上記ステップS07、S08又はS09で抽出された信号成分のみが、図8に示すフィルタ30から出力され、信号合成部54、55、56にそれぞれ印加される。すなわち、ステップS07、S08、S09が前記フィルタ30に相当する。

【0061】ステップS10では、基地局の所望波として既知信号を生成する。この既知信号は、図8に示す既知信号発生部113から出力される。ステップS11では、フィルタ30によって抽出された受信信号に振幅及び位相の重み付けをした信号とステップS10で生成した既知信号とをアンテナの素子の系統毎に合成する。

【0062】ステップS12では、LMS法などの適応アルゴリズムなどを用いて、ステップS11の合成信号とステップS10の既知信号との差が最小になるように、重み(振幅と位相値)を求める。ステップS13では、ステップS12で求められた最新の重み係数を振幅位相可変部57、58、59にセットして、信号合成部60の出力に得られる受信信号の合成信号のレベルを算出する。

【0063】ステップS14では、指向特性制御によっ

信号成分を合成する場合には、特別な処理が必要になる。すなわち、干渉波の重複が検出された複数の期間の中で、長さが最大の期間がDmaxである場合には、Dmax以外の期間の信号成分の長さをDmaxに合わせる必要がある。

【0058】例えば、図18の期間D1、D2の信号成分を合成する場合には、期間D1が期間D2より大きいので、次のようにして、期間D2の信号成分の長さを期間D1の信号成分と同じにする。次の第8式が成立する場合には、第9式に従って補正してから合成すればよい。

$$D1/D2 = \alpha \bmod \beta \quad (\alpha, \beta: 0 \text{ 以上の整数}) \quad \dots (8)$$

$$D1 = \alpha \cdot D2 + \beta \quad \dots (9)$$

て干渉波が除去されたか否かを調べるために合成信号の信号レベルと所定の閾値とを比較する。上記指向特性制御によって干渉波のレベルが十分に低減された場合には、現在処理中の注目スロットを空きスロットとみなす。干渉波のレベルが大きい場合には、注目スロットは使用中とみなし、次のスロットの探索を開始する。

【0064】干渉波のレベルが十分に低減された場合には、決定された指向特性の重み係数を振幅位相可変部17、18に与え、通信を開始する。なお、ここでは受信装置および送信装置等において各ブランチ毎の振幅や位相の不一致はないものと仮定している。これらの不一致がある場合には、あらかじめ調べてテーブル化しておくことで補正することが可能である。

【0065】第1の実施の形態における本発明の効果も、次に示す計算機シミュレーションにより確認した。すなわち、図3(a),(d)に示される環境下で、図2に示される本発明の方法と、干渉波が含まれるスロット内の全信号成分に従って制御する比較例とを対比した。シミュレーションの条件は次の通りである。この例では、1個のスロットの長さを200分割したものをシンボルと呼ぶ時間単位で表している。すなわち、1スロットの長さは200シンボルである。図3(a)の環境では、第1干渉波は対象スロットの前のスロットの途中から到来し、対象スロットの70シンボル(当該スロットの始まりからの相対値:以下同様)で到来しなくなるものとした。第2干渉波は対象スロットの途中の50シンボル中から到来するものとし、対象スロットの最後まで到来する。第3図(b)の環境では、第1干渉波は対象スロットの前のスロットの途中から到来し、対象スロットの20シンボルで消滅するものとした。

【0066】第2干渉波は対象スロットの途中の25シンボルから到来するものとし、対象スロットの最後まで到来する。干渉波が2波なので3素子アレーを用いた。疑似信号(所望波)は0度方向から到来する。疑似信号のレベルは25dB $\mu$ Vとした。また第1干渉波及び第2干渉波の到来方向をそれぞれ120度及び200度とした。

【0067】これらの干渉波のレベルを変化させ、所望波と第1干渉波との出力レベル差（出力DUIR; Desired to Undesired 1 Signal amplitude ratio）を調

$$\text{DUIR} = (\text{所望波1方向(0度)の出力レベル} \times \text{所望波1の入力レベル}) / (\text{干渉波1方向(120度)の出力レベル} \times \text{第1干渉波の入力レベル}) \cdots (10)$$

図5に示すように、単に干渉波が到来する時間のみで指向性制御を行うと、第1干渉波レベルが所望波よりも高い場合に十分なDUIRが得られない。これは、スロットの最初では第1干渉波にヌルを形成するように動作するが、スロットの途中で第1干渉波が到来しなくなり、第2干渉波が到来するため、スロットの最後に得られる指向性パターンは第2干渉波にヌルを向ける動作が優先され、第1干渉波方向には十分ヌルが形成されないためである。

【0068】一方、本発明では実際に2波の干渉波が到来する時間のみを抽出した結果に応じて制御を行うので、2つの干渉波のいずれに対しても指向性のヌル点を形成することになり、比較例と比べて高い出力DUIRが得られる。図6からも図5と同様の効果を確認できる。この場合は、2つの干渉波の到来する時間が独立しているため、本発明ではこれらの独立した時間の干渉波を合成することにより、干渉波が同じ時間に2波到来していることと等価になり、図5と同様の干渉波除去能力が得られる。

【0069】更に、以下に示す計算機シミュレーションにより、図2に示す制御方法の効果を確認した。システムとしては、単一周波数で時間的に分割されたM個のスロットを用い、複数の基地局が異なる時間で通信することにより同時に多数の基地局が動作するTDMA方式を想定した。

【0070】基地局の置局環境としては、高さ7mの低アンテナ高基地局が多数配置されているエリアに、高さHの高アンテナ高基地局が1つ設置された環境を仮定した。このときの、高アンテナ高基地局が通信スロットを確保できる最大のアンテナ高を、無指向性アンテナを用いた場合と図1のアンテナの場合とで比較した。各通信スロットの利用可否の判定は、各スロットに到来する信号強度があるしきい値以上か以下かによって判定した。またすべての基地局のスロットタイミングはすべてスロットに対して非同期であると仮定した。

【0071】図7にスロット数を変化させた場合の、通信スロットを確保できる最大のアンテナ高の比較を示す。計算に用いた振幅及び位相値は、図7に示す通りである。図7を参照すると、スロット数が90の場合に無指向性アンテナでは基地局高を11m以上とすると干渉により全てのスロットが埋ることがわかる。一方、本発明では30mまで基地局高を上げて空スロットを確保することができる。

【0072】このアンテナ高の差をゾーン長に換算すると、本発明を用いることにより無指向性アンテナに対し

て、本発明の干渉抑圧効果を調べた。ここでは所望波と干渉波の出力レベル差を次のように定義した。

てゾーン長を1.4倍にできる。また、単に干渉波が到来する時間のみで制御する場合に比べて最大3.5m程度の高さで空スロットを確保できる。以上により本発明の有効性が確認できる。

（第2の実施の形態）この形態の移動通信基地局用アレーアンテナ装置の構成と動作を図9～図12に示す。この形態は、請求項4、請求項5、請求項6及び請求項9に対応する。

【0073】図9はこの形態の移動通信基地局用アレーアンテナ装置の構成の概略を示すブロック図である。図10は図9の装置における空スロット探索処理の内容を示すフローチャートである。図11は受信される信号の例を示すタイムチャートである。図12は通信スロットを確保できる最大のアンテナ高を示すグラフである。

【0074】なお、図9及び図10において、第1の実施の形態と同一の構成要素及び処理ステップについては、同一の符号又はステップ番号を付けて示してある。第1の実施の形態と同一の部分については説明を省略する。図9を参照すると、この移動通信基地局用アレーアンテナ装置は送受信装置11、アンテナ12及び振幅位相制御部21で構成されている。振幅位相制御部21には、2つのスロット遅延回路211、受信レベル検出器212、レベル判定部213及び既知信号発生部113が備わっている。

【0075】この形態においては、連続する3つのスロットの信号を同時に監視する必要がある。そこで、2つのスロット遅延回路211を用いて、連続する3つのスロットの信号を同じタイミングで取り出せるように構成してある。受信レベル検出器212は、連続する3つのスロットの信号を同時に監視する。以下、図10に示す各ステップの処理について説明する。第1の実施の形態と同様に、ステップS01で選択された注目スロットに対して、ステップS02で受信レベルと閾値 $L_a$ とが比較される。受信レベルが閾値 $L_a$ よりも大きい場合、すなわち干渉波が注目スロットで検出されると、ステップS21に進む。

【0076】ステップS21では、現在の注目スロットより期間T<sub>S</sub>だけ先行して現れる前スロットにおける受信レベルを監視して、受信レベルが閾値 $L_a$ 未満の状態から閾値 $L_a$ を越える時間（時刻） $t_{a1}$ を検出する。

【0077】例えば、図11(a)を参照すると、干渉波R11は前スロット内の時刻 $t_{a1}$ で出現し、注目スロット内の時刻 $t_{a2}$ で消滅する。干渉波R11の1スロットの長さが一定なので、時刻 $t_{a2}$ は時刻 $t_{a1}$ から推定できる。例えば、干渉波R11の1スロットの長

さが、制御対象基地局の1スロットの長さTSと同一であれば、時刻 $t_{a2}$ は時刻 $t_{a1}$ に1スロットの長さTSを加算した時刻になる。

【0078】また、図11(a)に示すように前スロットの始まる時刻から時刻 $t_{a1}$ までの期間がTA1である場合には、注目スロットの始まる時刻 $t_{00}$ から期間TA1を経過すると時刻 $t_{a2}$ になる。図10のステップS22では、上記の方法で、時刻 $t_{a2}$ を推定する。ステップS23では、現在の注目スロットより期間TSだけ遅れて現れる後スロットにおける受信レベルを監視して、受信レベルが閾値 $L_a$ を越える状態から閾値 $L_a$ 未満になる時間(時刻) $t_{b2}$ を検出する。

【0079】例えば、図11(a)を参照すると、干渉波R12は注目スロット内の時刻 $t_{b1}$ で出現し、後スロット内の時刻 $t_{b2}$ で消滅する。干渉波R12の1スロットの長さが一定なので、時刻 $t_{b1}$ は時刻 $t_{b2}$ から推定できる。例えば、干渉波R12の1スロットの長さが、制御対象基地局の1スロットの長さTSと同一であれば、時刻 $t_{b1}$ は時刻 $t_{b2}$ から1スロットの長さTSを差し引いた時刻になる。

【0080】また、図11(a)に示すように後スロットの始まる時刻から時刻 $t_{b2}$ までの期間がTB2である場合には、注目スロットの始まる時刻 $t_{00}$ から期間TB2を経過すると時刻 $t_{b1}$ になる。図10のステップS24では、上記の方法で、時刻 $t_{b1}$ を推定する。ステップS02のように受信レベルと閾値 $L_a$ とを比較するだけでは、例えば図11(a)のように注目スロット内で複数の干渉波R11、R12が重なっているか否かを識別することはできない。

【0081】前記第1の実施の形態では、受信レベルの変動幅の大小から複数の干渉波の重複の有無を識別しているが、この形態では前スロットにおいて干渉波R11が出現する時刻 $t_{a1}$ と後スロットにおいて干渉波R12が消滅する時刻 $t_{b2}$ とを検出し、それらの時刻に基づいて複数の干渉波の重複の有無を識別する。具体的には、図10のステップS25で2つの時刻 $t_{a2}$ 、 $t_{b1}$ を比較している。例えば、図11(a)、(b)、(c)に示すように注目スロット内で2つの干渉波R11、R12が重複して現れる場合には、時刻 $t_{b1}$ よりも時刻 $t_{a2}$ が大きい。また、図11(d)に示すように2つの干渉波R11、R12の現れる期間がそれぞれ独立している場合には、時刻 $t_{b1}$ よりも時刻 $t_{a2}$ が小さい。

【0082】時刻 $t_{b1}$ よりも時刻 $t_{a2}$ が大きい場合にはステップS25からS26に進み、時刻 $t_{b1}$ よりも時刻 $t_{a2}$ が小さい場合にはステップS25からS27に進む。ステップS26では、時刻 $t_{b1}$ と時刻 $t_{a2}$ との間の期間Tx(図11(a)参照)における信号成分だけを抽出する。

【0083】ステップS27では、注目スロットの始ま

りから時刻 $t_{a2}$ までの期間Tx1の信号成分と、時刻 $t_{b1}$ から注目スロットの終わりまでの期間Tx2の信号成分とを抽出し、それらを合成する。期間Tx1の長さと期間Tx2の長さが一致しない場合には、図19に示した方法を用いて2つの信号成分の期間を描いてからそれらを合成する。

【0084】この形態における発明の効果を確認するために、以下に示す計算機シミュレーションを実施した。システムとしては単一周波数で時間的に分割されたM個のスロットを用い、複数の基地局が異なる時間で通信することにより同時に多数の基地局が動作するTDMA方式を想定した。

【0085】基地局の置局環境としては、高さ7mの低アンテナ高基地局が多数配置されているエリアに、高さHの高アンテナ高基地局が1つ設置された環境を仮定した。このときの、高アンテナ高基地局が通信スロットを確保できる最大のアンテナ高を、図10に示す処理を実施した場合と、スロット内の全ての信号成分を利用して指向性を制御する比較例とについて比較した。

【0086】各通信スロットの利用可否の判定は、各スロットに到来する信号強度があるしきい値以上か以下かによって判定した。またすべての基地局のスロットタイミングはすべてスロットに対して非同期であると仮定した。スロット数を変化させた場合の、通信スロットを確保できる最大のアンテナ高を図12に示す。計算に用いた振幅及び位相値は、図7に示したものと同一である。図12を参照すると、スロット数が90の場合、本発明では29mまで基地局高を上げて空きスロットを確保できる。単に干渉波が到来する時間のみで制御する比較例と比べると最大2m程度の高さでも空きスロットを確保することができ、本発明の有効性が確認できる。

【0087】なお、上記第1の実施の形態及び第2の実施の形態では、使用するアレーアンテナの素子数が3の場合について説明したが、必要に応じてアンテナの素子数を変更してもよい。また、上記第1の実施の形態及び第2の実施の形態では、既知信号と出力信号との誤差が最小になるように指向性を制御するアルゴリズムとして、LMS法を用いているが、LMS法以外のMMSE(Minimum mean square error)法を用いてもよい。

【0088】

【発明の効果】以上述べたように、本発明を用いると、隣接基地局からの送信タイミングが非同期の場合においても干渉を低減できるため、高所に基地局が設置できマイクロセルの通話エリアの拡大に効果的である。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態の移動通信基地局用アレーアンテナ装置の構成の概略を示すブロック図である。

【図2】図1の装置における空きスロット探索処理の内容を示すフローチャートである。

【図3】受信される信号の例を示すタイムチャートであ

る。

【図4】受信される信号に含まれる干渉波が1つの場合と2つの場合の信号を示す波形図である。

【図5】干渉波のレベルに応じたD U I Rの分布を示すグラフである。

【図6】干渉波のレベルに応じたD U I Rの分布を示すグラフである。

【図7】通信スロットを確保できる最大のアンテナ高を示すグラフである。

【図8】図1の装置におけるアンテナの指向性制御系の構成を示すブロック図である。

【図9】第2の実施の形態の移動通信基地局用アレーアンテナ装置の構成の概略を示すブロック図である。

【図10】図9の装置における空きスロット探索処理の内容を示すフローチャートである。

【図11】受信される信号の例を示すタイムチャートである。

【図12】通信スロットを確保できる最大のアンテナ高を示すグラフである。

【図13】図1の装置が利用される環境における各基地局の配置例を示す平面図である。

【図14】図1の装置が利用される環境における各基地局の通話エリアの例を示す斜視図である。

【図15】図1の装置が受信する干渉波の経路の例を示す斜視図である。

【図16】アンテナの指向特性と干渉波の到来方向の例を示す平面図である。

【図17】図1の装置の各スロットと干渉波との相対的

なタイミングの例を示すタイムチャートである。

【図18】受信される信号の例を示すタイムチャートである。

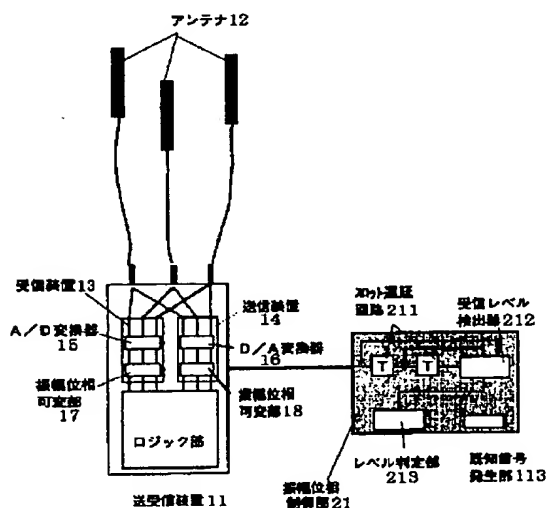
【図19】図18に示す信号に対する処理の内容を示す模式図である。

【符号の説明】

- 11 送受信装置
- 12 アンテナ
- 13 受信装置
- 14 送信装置
- 15 A/D変換器
- 16 D/A変換器
- 17, 18 振幅位相可変部
- 19, 21 振幅位相制御部
- 30 フィルタ
- 50 LMS制御部
- 51, 52, 53 位相可変部
- 54, 55, 56, 60, 115 信号合成部
- 57, 58, 59 振幅位相可変部
- 110 受信レベル検出器
- 111 レベル判定部
- 112 レベル変動判定部
- 113 既知信号発生部
- 114 ロジック部
- 211 スロット遅延回路
- 212 受信レベル検出器
- 213 レベル判定部

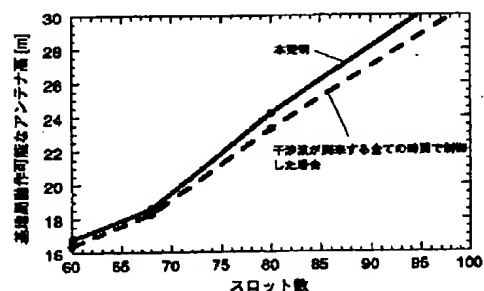
【図9】

第2の実施の形態の装置の構成



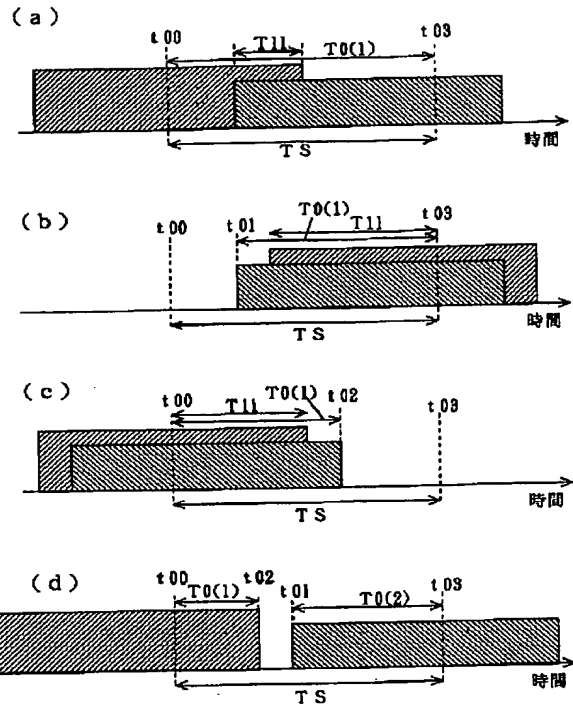
【図12】

通信スロットを確保できる最大アンテナ高の変化



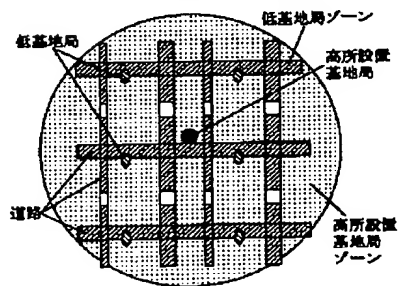
【図3】

受信した信号の例（縦軸はレベル）

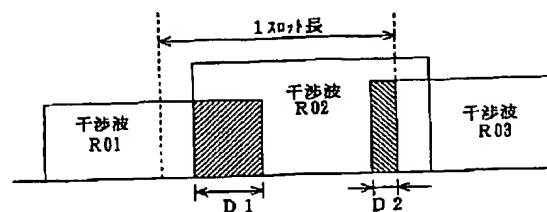


【図13】

### 各基地局の無線ゾーンの配置例

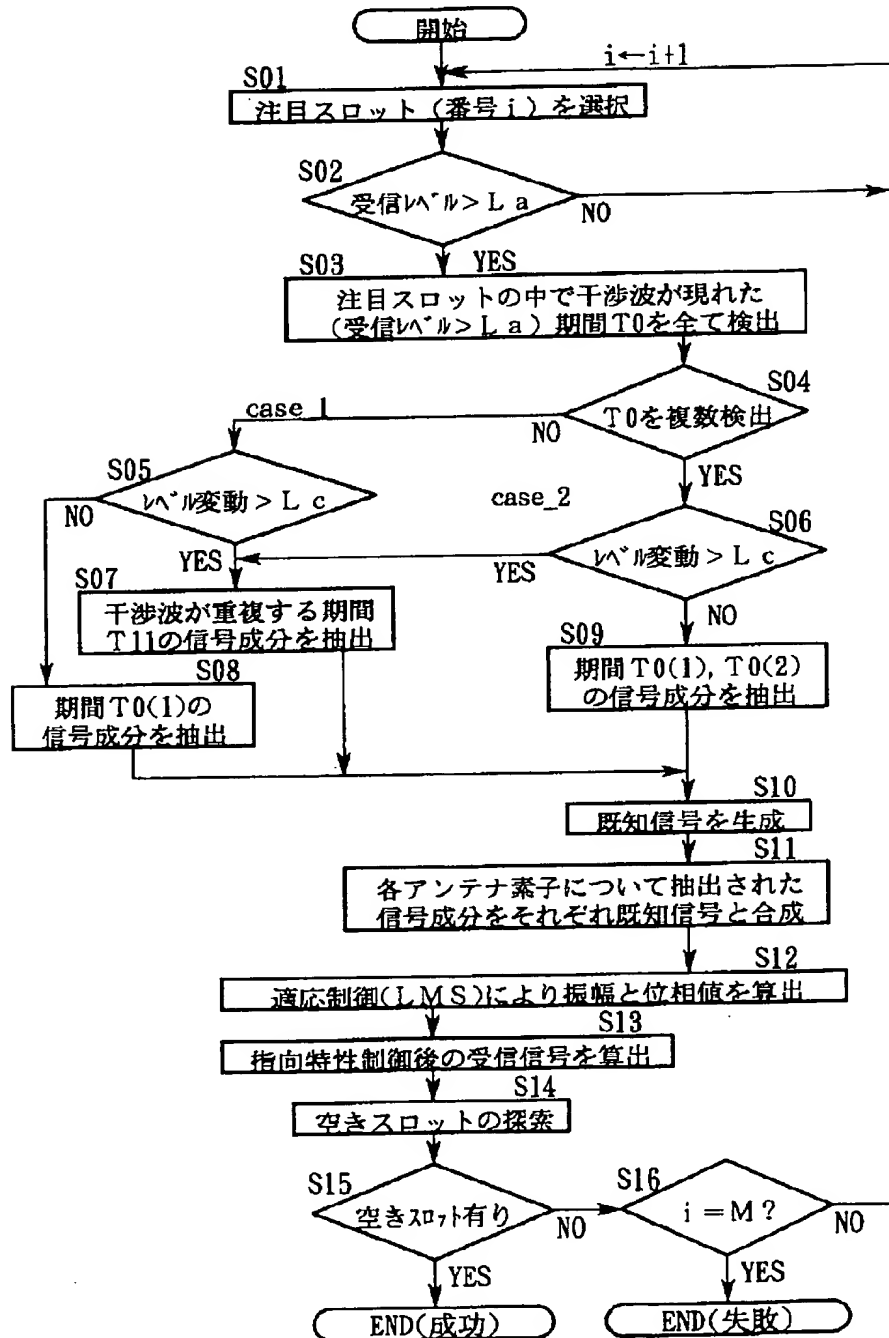


### 受信される信号の例



【図2】

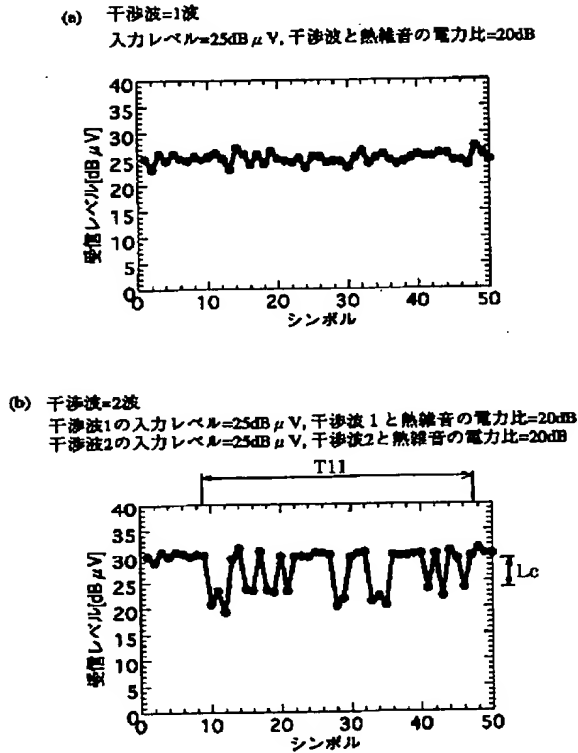
## 第1の実施の形態の主要な処理の内容





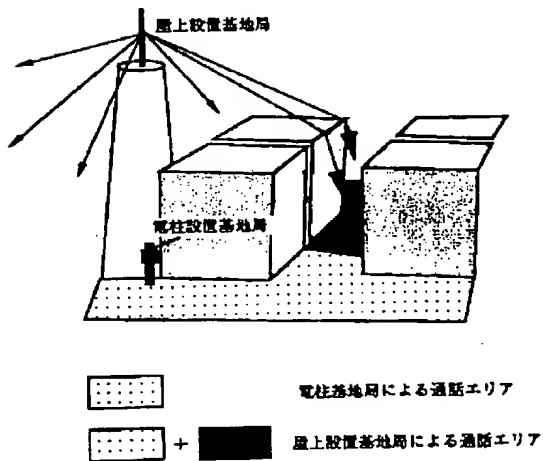
【図4】

受信レベルの時系列変化の例



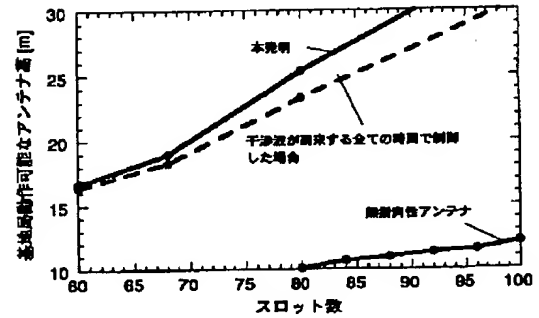
【図14】

電柱基地局と屋上設置基地局の通話エリアの例



【図7】

通信スロットを確保できる最大アンテナ高の変化



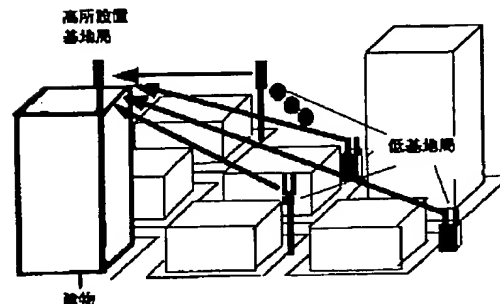
計算パラメータ

搬送波周波数	2.2GHz
低基地局	7m
高所基地局高	10m~30m
送信電力	100mW
アンテナ利得	7.5dBi
端末の受信レベル	25dB $\mu$ V (伝搬損失125dB)
基地局の受信レベル	10dB $\mu$ V (伝搬損失140dB)
基地局配置の試行回数	100回

伝搬損失式：市坪他、電学技報A・P96-15(1996)

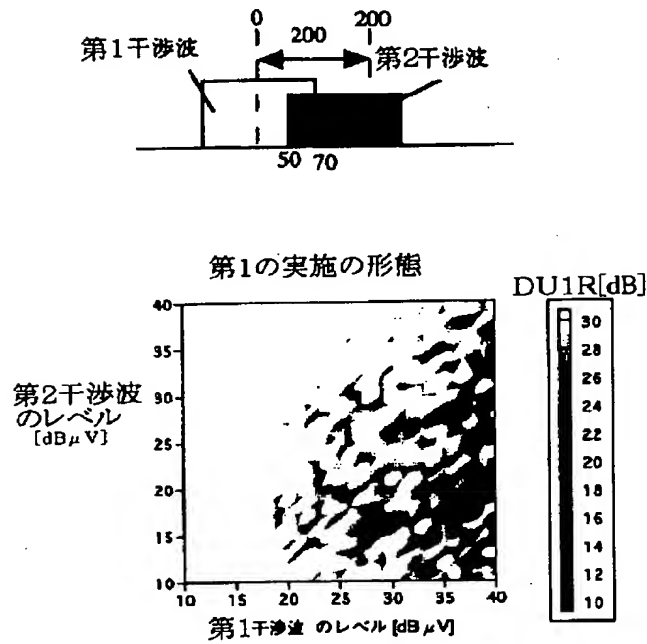
【図15】

高所設置基地局に到来する電波の経路

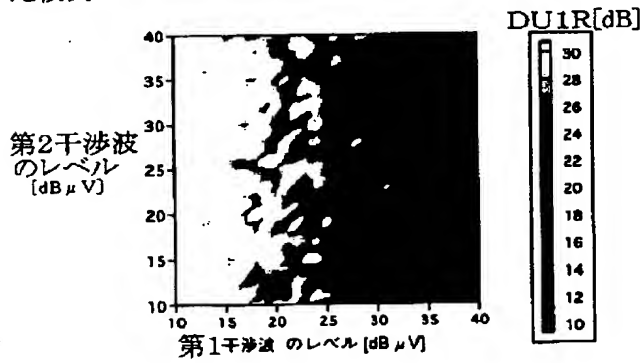


【図5】

第1の実施の形態と比較例とのDU1Rの違い

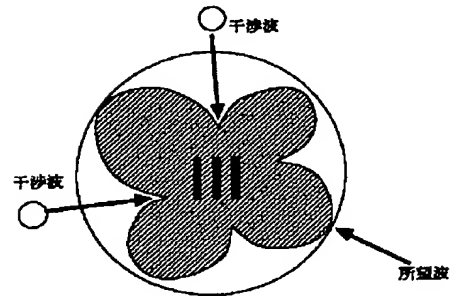


比較例: 干渉波が到来するすべてのスロットで制御



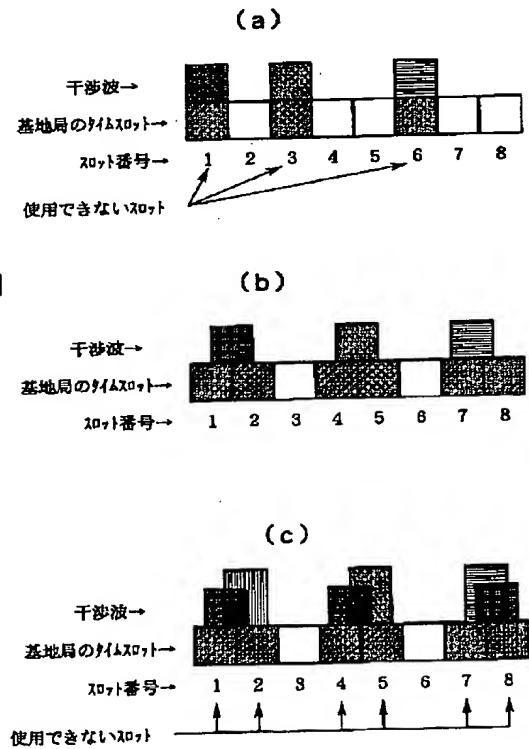
【図16】

アンテナの指向性と干渉波の到来方向



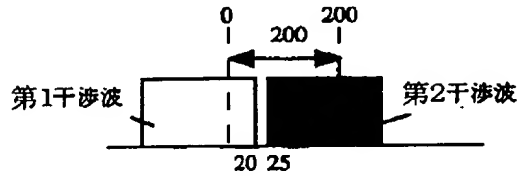
【図17】

通信に利用するスロットと干渉波のタイミング

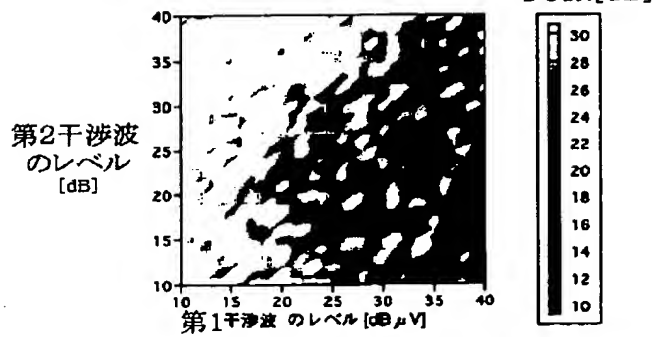


【図6】

第1の実施の形態と比較例とのDU1Rの違い

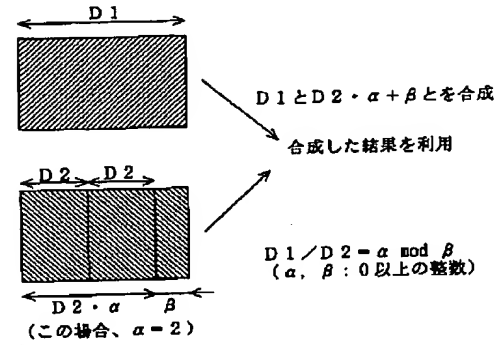


第1の実施の形態

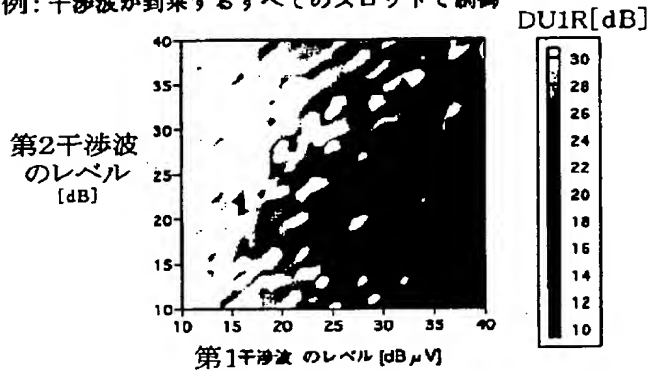


【図19】

複数の干渉波が重なる期間が複数ある場合の合成処理

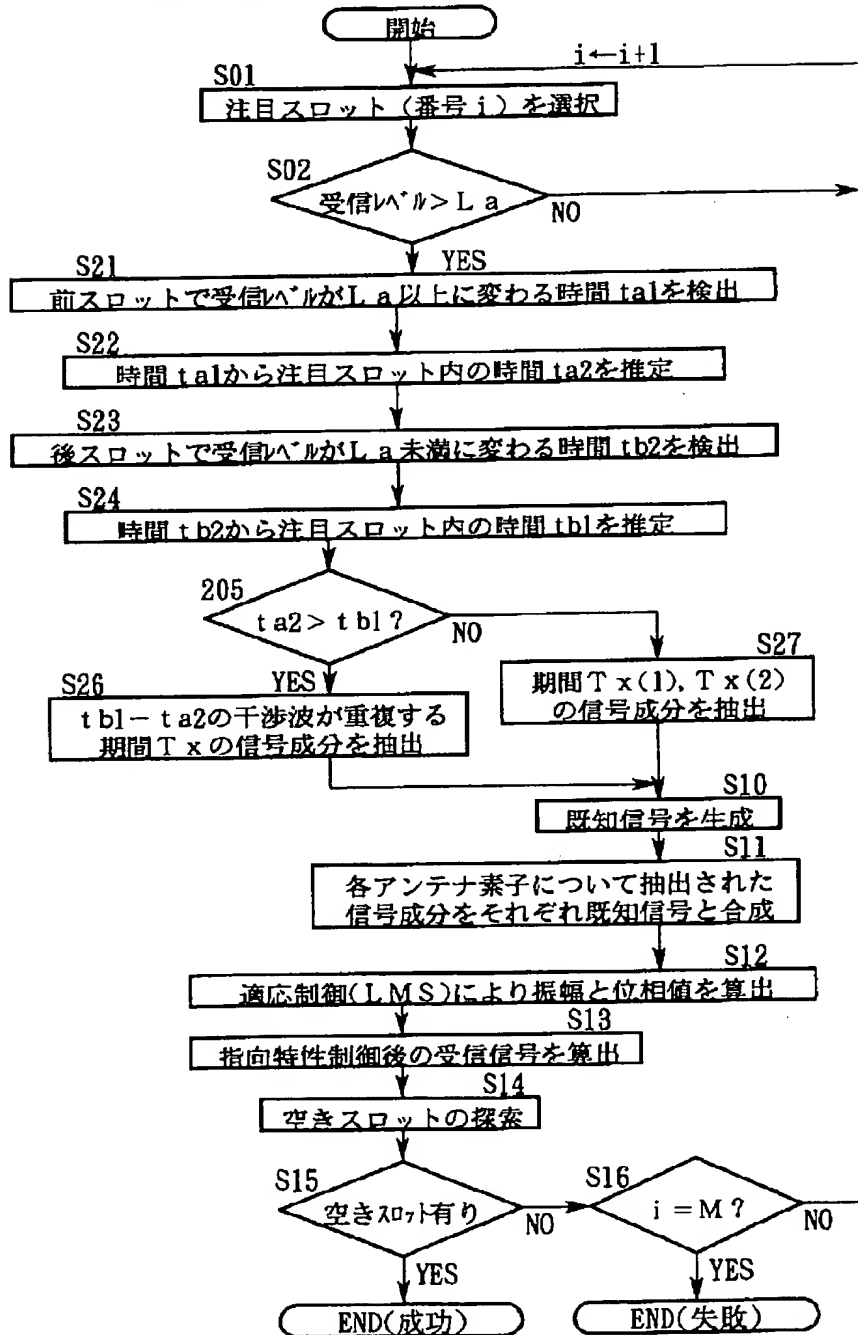


比較例：干渉波が到来するすべてのスロットで制御

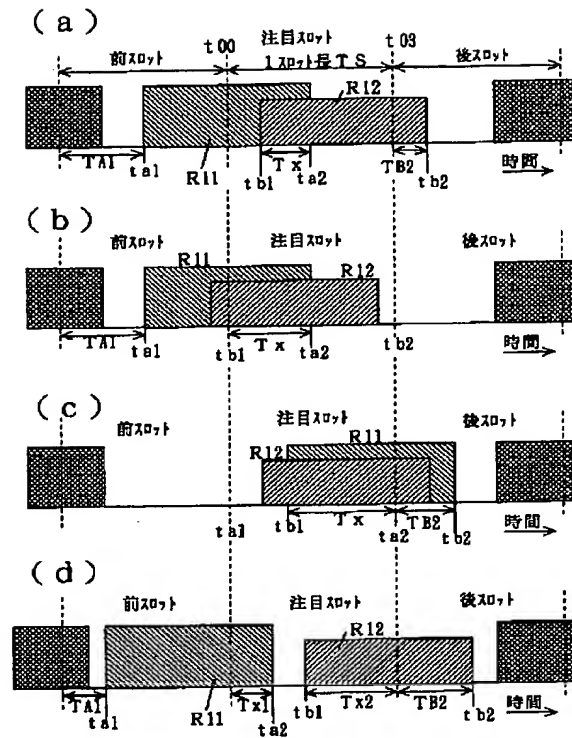


【図10】

第2の実施の形態の主要な処理の内容



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 堀 俊和  
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
電信電話株式会社内